

ВЛИЯНИЕ НАВОДОРОЖИВАНИЯ НА ДИНАМИКУ РАЗРУШЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИ ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ 70, ПРИ ИСПЫТАНИИ НА ТРЕХТОЧЕЧНЫЙ ИЗГИБ

Мерсон Е.Д., Полуянов В.А.

Руководитель – проф., д.ф-м.н. Мерсон Д.Л.

Тольяттинский Государственный Университет, г. Тольятти,

Taudrumz@yandex.ru

Для защиты стальных изделий от коррозии часто используют гальванические покрытия, в частности цинковые, однако в процессе нанесения таких покрытий происходит интенсивное наводороживание металла. В результате наводороживания, как правило, происходит негативное изменение физических, химических и особенно механических свойств металлов. [1] Характерной особенностью водородной хрупкости является снижение пластичности с уменьшением скорости деформирования в диапазонах скоростей менее 10^{-2} с^{-1} , характерных для эксплуатации большинства тяжело нагруженных конструкций и деталей. Причем к подобным изменениям приводит даже достаточно малое содержание водорода от $1 \dots 2 \text{ см}^3/100\text{г}$ [2].

Известно, что изменение состояния металла всегда, в том числе в результате наводороживания, так или иначе, отражается на характере акустической эмиссии (АЭ) [3, 4]. Метод АЭ позволяет следить за процессами, протекающими в металле в реальном времени, что является важным фактором при изучении динамики разрушения. В связи с этим, в данной работе исследовалось влияние концентрации водорода и скорости деформирования на динамику разрушения образцов высокоуглеродистой стали с цинковым покрытием с помощью метода АЭ.

Для исследований использовались плоские образцы из стали 70 размером $20 \times 120 \text{ мм}$ разных толщин – $\delta = 0,5; 1,0; 1,5; 1,8; 2,5 \text{ мм}$ в различных состояниях: I – исходное перед цинкованием (закалка $855 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, первый отпуск $225 \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$, выдержка 1 час и второй отпуск $440 \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$, выдержка 2 часа, охлаждение на воздухе); II – после щелочного цинкования; III – после щелочного цинкования и обезводороживания (ТО) по режиму: выдержка при температуре $190 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ в течении 10 часов; IV – после щелочного цинкования и ТО по режиму: выдержка при температуре $250 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ в течении 10 часов.

Механические испытания образцов проводили по схеме трехточечного изгиба, моделирующей условия статического нагружения пружинных изделий, на разрывной машине 1231У-10. Для всех типов образцов нагружение производилось при трех различных начальных скоростях деформирования: “низкой” $\dot{\epsilon} = 10^{-2} \text{ с}^{-1}$, “средней” $\dot{\epsilon} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ и

“высокой”

$\dot{\epsilon} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$. За основную характеристику пластичности образца принимали величину максимального прогиба Δ_{\max} в момент разрушения. В процессе механических испытаний регистрировали сигналы АЭ с помощью АЭ-системы «ЭЯ-2», собранной в ТГУ (г. Тольятти).

В работе [5] было показано, что пластичность стали 70 уменьшается с увеличением концентрации водорода в образцах и снижением скорости их деформирования. Данное явление объясняется повышением влияния диффузионно-подвижного водорода при низких скоростях деформирования на процессы скольжения дислокаций в металле (водородное охрупчивание, обусловленное торможением движения дислокаций водородными атмосферами, приводящим, в конечном итоге к развитию хрупкого разрушения). Вместе с тем, при снижении пластичности наблюдается увеличение количества сигналов АЭ и хрупкой составляющей в изломе. Отсюда следует, что дискретные сигналы АЭ, регистрируемые при испытании образцов стали 70 отвечают отдельным актам микроразрушения (растрескивание по границам аустенитного зерна, скачкообразное движение трещин между сульфидами), количество которых растет с увеличением охрупчивающего влияния водорода, т.е. при повышении его концентрации в металле, либо при снижении скорости деформирования. Тогда, анализируя графики накопления сигналов АЭ (рис.1), можно проследить за динамикой накопления повреждений в стали в процессе нагружения образцов.

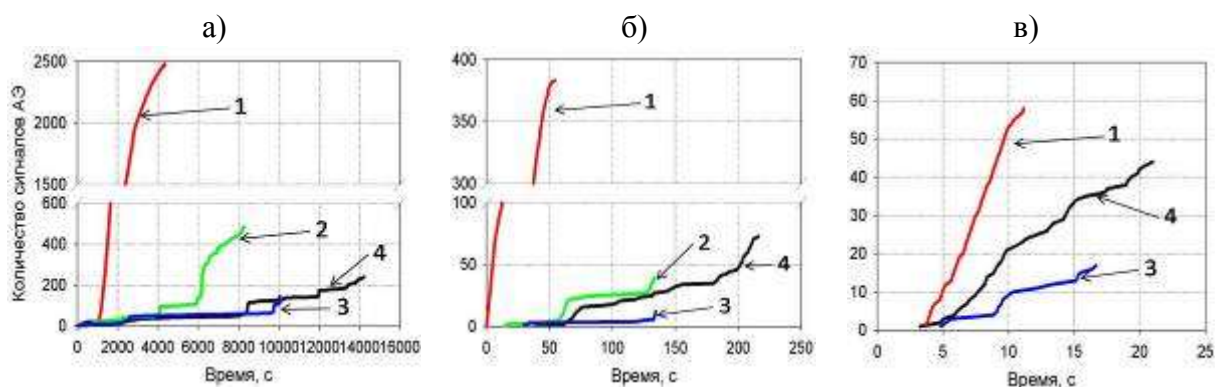


Рисунок 1. Динамика накопления сигналов АЭ в процессе испытания образцов стали 70 в различных состояниях: 1 – с покрытием, без ТО;

2 – с покрытием и ТО 190 °С; 3 – с покрытием и ТО 250 °С;

4 – без покрытия, при различных скоростях деформирования

а) $3 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$; б) $3 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$; в) 10^{-2} с^{-1}

При низкой скорости деформирования ($\dot{\epsilon} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$) динамика накопления сигналов АЭ для образцов с различным содержанием водорода сильно отличается. Так, при нагружении образца с высоким содержанием

водорода (рис. 1,а, кривая 1), уже после 1000 сек от начала эксперимента начинается резкий рост числа сигналов АЭ, причем идет он с высокой скоростью. Тогда как для образцов с меньшей концентрацией водорода (кривые 2, 3, 4) до 4000 сек после начала нагружения наблюдается «тихая» зона, т.е. накопления сигналов АЭ практически не происходит. Следовательно, увеличение концентрации водорода в стали приводит к снижению напряжений необходимых для начала процесса разрушения.

С увеличением скорости деформирования общее число зарегистрированных сигналов АЭ для каждого образца снижается и происходит это тем сильнее, чем выше концентрация водорода в образце (рис. 1б, 1в). Вследствие этого разница по количеству зарегистрированных сигналов АЭ для образцов с различным содержанием водорода уменьшается. При высокой скорости деформирования (рис. 1,в) накопление сигналов АЭ начинается одновременно и происходит без заметных скачков до разрушения образцов. Следовательно, с увеличением скорости деформирования влияние концентрации водорода на динамику процессов разрушения ослабевает.

Таким образом, в данной работе установлено, что увеличение концентрации водорода и снижение скорости деформирования для изделий из высокоуглеродистой стали приводит к преждевременному выходу их из строя. Это связано с тем, что при данных условиях, напряжения необходимые для начала процессов трещинообразования в металле значительно снижаются, а скорость таких процессов сильно возрастает. Однако, как видно из рисунка 1,а (кривая 3), относительно небольшие концентрации водорода, могут и не приводить к изменению динамики разрушения, вместе с тем снижая пластичность стали.

Используемые литературные источники:

1. Колачев Б.А. Водородная хрупкость металлов/ Б.А. Колачев. – М.: Металлургия, 1985. – 216с.
2. Морозов А.Н. Водород и азот в стали /А. Н. Морозов. – М.: Металлургия, 1968. – 283с.
3. Забильский В.В., Ильина С.Г. Влияние водорода на акустическую эмиссию и характеристики трещиностойкости высоковязкой стали // ФММ. - 2000. - 90, №6. - с. 105-107.
4. Мерсон Д.Л. Связь механических характеристик стали 35Г2 с содержанием водорода и параметрами акустической эмиссии / Д. Л. Мерсон [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2008. – № 2. – С. 57-60.
5. Мерсон Е.Д. Исследование водородной повреждаемости высокоуглеродистой стали после гальванического цинкования с применением метода акустической эмиссии / Мерсон Е.Д., Полуянов В.А. // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2010. – Том 15, вып. 3. – С. 1228-1232.